

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Fakulta bezpečnostního inženýrství

Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva

**Nukleární a radiologické prostředky hromadného
ničení v současnosti**

Student:

Adam Diener

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaroslav Kovařík

Studijní obor:

Havarijní plánování a krizové řízení

Datum zadání bakalářské práce:

17. října 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:

30. dubna 2008

Prohlášení bakaláře

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne

.....

Anotace

DIENER, Adam.: Nukleární a radiologické prostředky hromadného ničení v současnosti;
Ostrava: VŠB-TUO, FBI, 2008

klíčová slova: nukleární zbraně, radiologické prostředky, prostředky jaderného napadení,
jaderné zbrojení

Nukleární zbraně jsou symbolem ovládnutí přírodních sil, které nám umožňuje moderní věda a výzkum, zároveň také představují vrchol lidské snahy o naprosté sebezničení.

Co je základem nukleárních zbraní, jakým způsobem se projevuje jejich ničivá síla, jaké jsou způsoby a možnosti použití jaderných zbraní, jak lze lidský organismus chránit proti jejich účinkům, jakým způsobem ohrožují nukleární prostředky hromadného ničení současný svět, co proti této hrozbě činí mocní planety a jakou má naše společnost v této oblasti naději do budoucna? Tyto otázky jsou podstatné a na ně se soustředí obsah bakalářské práce.

Annotation

DIENER, Adam.: Nuclear and Radiological Means of Mass Destruction at the Present;
Ostrava: VŠB-TUO, FBI, 2008

key words: nuclear weapons, radiological means, nuclear delivery means, nuclear armament

Nuclear weapons are symbol of binding the nature powers by modern science and research, nevertheless they represent the top of human efforts for selfdestruction.

What is the basis of nuclear weapons, what are their destructive power, what are the ways and options of using nuclear weapons, how could be human organism protected, which way the nuclear weapons of mass destruction jeopardize today's world, what the world's authorities do about this threat and is there any hope in future? These questions are essential and bachelor thesis very content is focused on them.

Obsah

1	ÚVOD.....	5
2	REŠERŠE	7
3	CÍL PRÁCE.....	8
4	TEORETICKÝ ZÁKLAD	9
5	VZNIK NUKLEÁRNÍ ZBRANĚ	13
6	NUKLEÁRNÍ PROSTŘEDKY HROMADNÉHO NIČENÍ.....	16
7	RADIOLOGICKÉ PROSTŘEDKY HROMADNÉHO NIČENÍ.....	25
8	OBRANA PŘED NUKLEÁRNÍMI PROSTŘEDKY	27
9	SYSTÉM MEZINÁRODNÍCH SMLUV V OBLASTI NUKLEÁRNÍCH ZBRANÍ.....	31
10	PERSPEKTIVY	35
11	ZÁVĚR	37
12	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38
13	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	39
14	SEZNAM PŘÍLOH.....	40

1 Úvod

Navzdory všeobecnému technickému pokroku, společenskému i myšlenkovému vývoji, není současná globalizovaná civilizace o nic bezpečnější, než tomu bylo v minulosti. Nepodařilo se vymýtit hlad, objevují se nové smrtelné nemoci, průmyslová činnost znečišťuje vodu, ovzduší a zasahuje živé organismy. K tomu připočítejme přírodní katastrofy, nabývající na frekvenci i intenzitě, a to vše navíc umocňuje majetková a sociální nerovnost procházející napříč lidskou populací. Tyto zdroje rizik působí jako iniciátory sociálních pohybů, které mají za následek ohrožení životů, zdraví, majetku i životního prostředí. Projevují se formou zvýšené kriminality, etnického (náboženského) násilí, občanských válek, regionálních a globálních konfliktů, ale i prostřednictvím různých hospodářských tlaků.

V tomto prostředí hrají prim různé mocenské struktury a organizace, ať už politické, finanční nebo jiné, které se snaží získat určitý vliv a hlavně finance, jež jim zajistí bezpečí a uspokojení vlastních potřeb. Hnacím motorem těchto struktur je strach, jenž je také jejich nejdůležitějším nástrojem. Strach o samotnou existenci, vyvolaný nedostatkem jídla, vody, přírodních a finančních zdrojů, epidemiemi, násilím. Euroamerický civilizační okruh žije v iluzi bezpečí před hladem, nedostatkem pitné vody, nemocemi. To vše jde zdánlivě zvládnout prostřednictvím moderních technologií s dostatečným množstvím finančních prostředků. Nejobávanějším ohrožením zůstává násilí. Každodenní násilná kriminalita postihne relativně malé procento populace, není tedy všeobecně vnímána s dostatečným respektem, jaký by si zasloužila. Naproti tomu nejvíce medializovaným fenoménem začátku 21. století se stal terorismus, a to ve spojení s použitím zbraní hromadného ničení proti velkému množství neúčastného civilního obyvatelstva. Toto ohrožení nikdo nevyklučuje, ale bylo by chybou neuvědomovat si stejně závažné, a možná i závažnější, „legální“ použití prostředků hromadného ničení oficiálními vládnoucími garniturami.

Zbraně hromadného ničení (WMD - Weapons of Mass Destruction) je termín popisující zvláštní skupinu zbraní a prostředků užívaných při bojových operacích. Jejich účinky, v porovnání s konvenčními zbraněmi, zasahují několikanásobně větší území a množství cílů, způsobují závažnější, těžko napravitelná zranění a fyzické útrapy, mají značný dopad na životní prostředí (se vznikem sekundárních mimořádných událostí), a to vše při sníženém objemovém množství nasazeného prostředku. Základní principy funkce, ale i doktríny nasazení, vylučují vyjmutí civilního obyvatelstva ze spektra dopadu účinků zbraní hromadného ničení. Proto jsou WMD považovány za největší vojensko-politickou hrozbu současného světa a existují v rámci mezinárodního společenství snahy vytvářet systém dohod

a smluv na kontrolu jejich výroby a užití. Mezi prostředky hromadného ničení se obecně řadí zbraně chemické, biologické, radiologické a nukleární (tzv. prostředky CBRN).

Chemické a biologické zbraně jsou nad rámec tématu, proto se dále budu věnovat pouze prostředkům radiologickým a nukleárním. Obsahem této práce bude stručné shrnutí vývoje, základních funkčních principů, popis způsobů ochrany proti účinkům těchto prostředků, jejich postavení v oblasti současných mezinárodních vztahů a také se pokusím nastínit perspektivy budoucího vývoje v oblasti nukleárního zbrojení.

2 Rešerše

PITSCHMANN, Vladimír. Jaderné zbraně: nejvyšší forma zabíjení. První vyd. Praha: Naše Vojsko, 2005. 390 s. ISBN 80-206-0784-6

Publikace představuje komplexní souhrn informací o všech úspěšných i neúspěšných jaderných programech, vývoji a historii jaderných zbraní, prostředků jaderného napadení, použitých technologiích a možnostech ochrany. Zároveň také upozorňuje na politické předpoklady a důsledky jaderného zbrojení. Vyznačuje se relativní aktuálností informací.

DUŠEK, Jiří., PÍŠALA, Jan. Jaderné zbraně. Vyd. první. Brno: Computer Press, 2006. 88 s. ISBN 80-251-0817-1

Poněkud stručná kniha opomíná hluboké analýzy vývoje jaderných zbraní a soustředí se hlavně na názorný popis a zobrazení technických parametrů nukleárních prostředků a prostředků jaderného napadení, i ve formě nákrešů, ilustrací a fotek.

3 Cíl práce

Kategorizovat nukleární a radiologické prostředky hromadného ničení. Vysvětlit jejich fyzikální podstatu, konstrukční principy a historický vývoj. Popsat možnosti použití těchto prostředků v současnosti a navrhnout optimální metody a způsoby ochrany proti jejich účinkům.

4 Teoretický základ

4.1 Atom

Pojem atomu jako nejmenší nedělitelné částice je znám téměř dva a půl tisíce let, avšak nikdo nebyl schopen popsat, jak takový atom vypadá. Teprve na přelomu 19. a 20. století spatřily světlo světa první modely atomu. Vznikl tak pudinkový model J.J. Thomsona (1897), planetární model E. Rutherforda (1911), orbitalový model Nielse Bohra (1913) a nakonec moderní kvantově mechanický model atomu.

Navzdory původnímu předpokladu není dále nedělitelný. Je tvořen dalšími (subatomárními) částicemi. Záporně nabitými elektrony v obalu a kladně nabitými protony v jádře. Atom je elektricky neutrální, tzn. že počet elektronů i protonů je stejný. Toto množství udává tzv. protonové číslo (zn. Z) v levém dolním indexu u chemické značky prvku. Např. ${}_{92}\text{U}$ – prvek uran obsahuje 92 elektronů v obalu a 92 protonů v jádře.

Třetím typem subatomárních částic jsou neutrony. Elektricky neutrální, přibližně stejné hmotnosti jako protony. Protony a neutrony tvoří jádro atomu, proto je nazýváme nukleony. Jejich počet udává nukleonové číslo (zn. A) v levém horním indexu u chemické značky prvku. Např. ${}^{238}\text{U}$ – uran má v jádře 238 nukleonů, jednoduchými počty lze zjistit počet neutronů – 146. Všechny atomy jednoho prvku mají stejné protonové číslo, nikoli však číslo nukleonové. V praxi to znamená, že se můžeme setkat s atomy stejného prvku s různým množstvím neutronů, tzv. izotopy. Tyto izotopy mají stejné chemické vlastnosti, ale výrazně se mohou lišit vlastnostmi jadernými. Jádro atomu je stabilní pouze při určitém poměru mezi počtem protonů a neutronů (viz. příloha č. 3), který se, se stoupajícím Z , mění (pro protonová čísla větší než 83 již neexistují stabilní izotopy).

4.2 Rozpad prvků

Lord Ernest Rutherford na přelomu 19. a 20. století zkoumal rozpad a štěpení prvků. Vznikající radioaktivní záření rozdělil na záření α , β a γ (později přibýlo, společně s objevením neutronu, i neutronové záření).

Záření α vzniká při alfa rozpadu a je tvořeno proudem jader helia (tzv. α -částic), které jsou nositelem kladného náboje (dva protony a dva neutrony, He^{2+}). Má velmi krátký dosah a malou pronikavost materiálem, avšak při vdechnutí nebo proniknutí do těla, způsobuje, díky své hmotnosti, těžká poškození tkání.

Záření β vznikající při beta rozpadu je proud záporně nabitých elektronů nebo kladně nabitých pozitronů (β^- a β^+). Pronikavost je větší než u částic alfa (k odstínění stačí relativně tenká vrstva kovu).

Záření γ je vysoce energetické ionizující elektromagnetické záření, někdy popisováno jako proud fotonů o energii nad 10 keV. Vzniká spolu se zářením alfa a beta. Jádro může být po uvolnění alfa nebo beta částic v excitovaném stavu, z kterého se do nižšího energetického stavu dostane uvolněním kvanta fotonu gama záření. I když je méně ionizující než alfa a beta záření je pro živé organismy mimořádně nebezpečné (způsobuje popáleniny, rakovinu, genové mutace). Vyznačuje se také velkou pronikavostí, na odstínění je třeba tlustých vrstev těžkých kovů nebo betonu.

Neutronové záření je proud neutronů uvolněných při rozpadu jader atomů. Nemá elektrický náboj. Volné neutrony se podílejí na průběhu řetězové štěpné reakce, při zachycení v jádře mohou způsobit umělou radioaktivitu neradioaktivních prvků.

4.3 Jaderné síly, jaderné reakce

Příčinou toho, že jádro tvořené kladně nabitými protony drží pohromadě, jsou přitažlivé jaderné síly. Působí pouze na velmi malou vzdálenost a musí překonat odpudivou elektrickou sílu mezi protony.

Celková energie potřebná k roztrhání jádra na jednotlivé nukleony (protony a neutrony) se nazývá vazební energie jádra. Jednoduchým vydělením vazební energie jádra nukleonovým číslem dostaneme hodnotu vazební energie na jeden nukleon. Porovnáním vazebních energií izotopů různých prvků lze vytvořit křivku vazebních energií (viz. příloha č. 4). Z té vyplývá zajímavá vlastnost velmi lehkých a velmi těžkých prvků. Jádra lehkých prvků (vodík, lithium) lze slučovat do jader středně těžkých prvků. Při tomto procesu, nazvaném jaderná fúze, se uvolňuje velké množství energie. Naopak jádra těžkých prvků se rozpadají na lehčí prvky. Jde o jaderné štěpení, při kterém je také uvolňována energie.

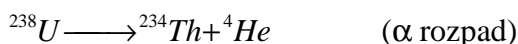
4.3.1 Jaderné štěpení

K radioaktivnímu rozpadu (přeměně) dochází u radionuklidů samovolně. Radionuklid emituje nějakou částici (alfa, beta) a přeměňuje se na jiný nuklid. Ten většinou bývá také radioaktivní, proto dochází k dalším a dalším rozpadům, dokud nevznikne výsledný stabilní nuklid. Tato posloupnost přeměn se nazývá rozpadová řada (viz. příloha č. 5).

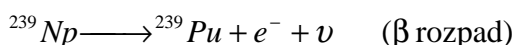
Rozpad radioaktivního materiálu lze popsat různými způsoby. Rychlost rozpadu vzorku radionuklidu se nazývá aktivita (zn. A, jednotka becquerel, 1 Bq). Aktivita vyjadřuje počet

přeměn (rozpadů) ve vzorku za sekundu. Pro konkrétní jádro nelze určit, kdy se rozpadne. Lze pouze určit pravděpodobnost, že k přeměně dojde v určitém časovém úseku. Proto se užívá veličiny poločas rozpadu (zn. τ). Poločas rozpadu je doba, za kterou se ve vzorku radionuklidu přemění polovina jader, tzn. aktivita klesne na polovinu. Pro různé radionuklidy může τ nabývat diametrálně odlišných hodnot, od sekund po miliardy let.

Rozpad ^{238}U :

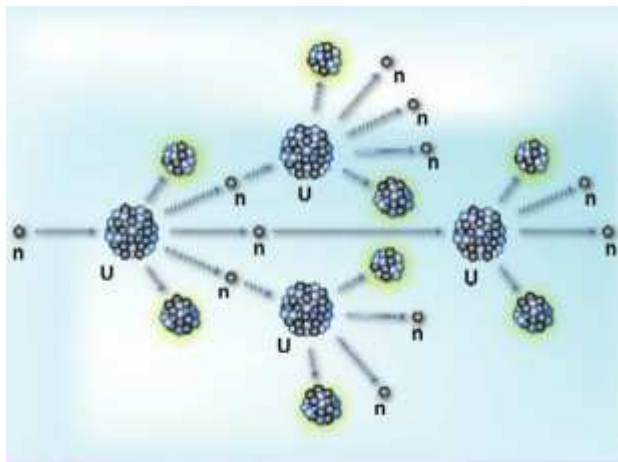


Rozpad ^{239}Np :



Přirozená radioaktivita se využívá v mnoha odvětvích výzkumu, průmyslu a služeb. K využití jaderného štěpení jako energetického zdroje, je přirozený rozpad nedostačující. Proto byla vyvinuta technologie uměle vyvolané řetězové štěpné reakce (řízené, neřízené), která umožňuje získat velké množství energie pro civilní či vojenské účely.

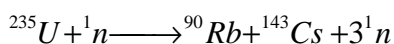
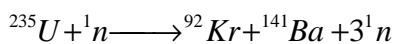
V nukleárních prostředcích se využívá neřízené řetězové štěpné reakce U-235 nebo Pu-239. Štěpení zahajují volné neutrony, které naráží do jader paliva. Při rozpadu na lehčí jádra jsou uvolňovány další volné neutrony a energie v podobě gama záření. Volné neutrony zanikají nebo naráží do dalších jader. Rychlost průběhu reakce se zvyšuje a stejně tak i množství uvolněné energie. Dochází k jadernému výbuchu. K tomu, aby reakce proběhla je třeba určité nadkritické množství paliva, tzn. množství, při kterém je multiplikační koeficient větší než 1. Pro U-235 se udává kritické



Obr. 1: řetězové štěpení uranu [15]

množství čistého materiálu asi 52 kg, u Pu-239 to je asi 11 kg. Obě tyto hodnoty lze aplikací různých technologií několikanásobně snížit (praktické použití v technologiích jaderných zbraní viz. kap. 4).

Příklady jaderného štěpení ^{235}U :



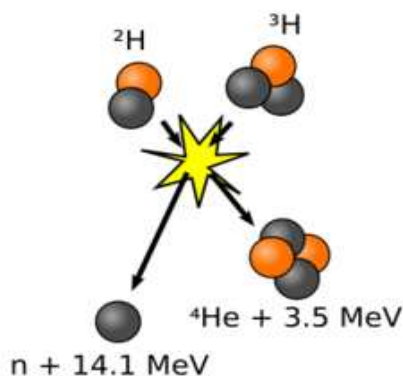
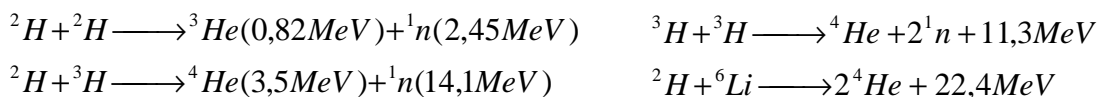
4.3.2 Jaderná syntéza

Jaderná fúze je proces slučování částic a jader lehkých prvků za vzniku těžších jader. Je doprovázen uvolňováním podstatně většího množství energie než při jaderném štěpení.

K překonání elektrických odpuzivých sil mezi jádry (iniciace syntézy) je třeba velmi vysokých teplot (řádově miliony °C). Proto přirozeně probíhá pouze ve hvězdách, kde je hlavním zdrojem energie.

Lidstvo se snaží zvládnout technologii umělé fúze po desetiletí. Zatím neúspěšně. Jediné praktické využití má jaderné slučování v oblasti vojenství.

Příklady jaderné syntézy:



Obr. 2: slučování deuteria a tritia [15]

5 Vznik nukleární zbraně

Jaderným výzkumem se v průběhu třicátých a čtyřicátých let zabývalo hned několik států: Velká Británie, Francie, Sovětský svaz, Německo, Japonsko a samozřejmě USA. Vědci všech těchto zemí předpovídali využití ničivé jaderné energie a apelovali na politické vůdce, aby zajistili podporu svým vědeckým projektům. Vše urychlila druhá světová válka. Cílem se stalo získání jaderné zbraně dříve než ji použije nepřítel. Z prostorových důvodů si připomeňme pouze ten nejúspěšnější a průkopnický program.

5.1 Manhattan Project

Po vstupu USA do války, později známé jako druhá světová, se práce na vývoji atomové bomby urychlily. 13. srpna 1942 ministerstvo války zřídilo Manhattan Engineer District pod vedením generála ženijních vojsk Leslie Grovese. Tím přešly veškeré činnosti spojené s konstrukcí jaderné zbraně plně pod vojenskou správu. Zároveň byl vytvořen Vojenskopolitický výbor (Military Policy Committee), který měl zajistit vojenskou i civilní kontrolu projektu.

V listopadu 1942 bylo v Los Alamos v Novém Mexicu vystaveno výzkumné středisko Los Alamos Project (od března 1943 pod vedením Julia Roberta Oppenheimera), v kterém 5000 vědců řešilo způsob iniciace bomby. Na jaře 1945 mělo středisko sedm sekcí. Sekci teoretické fyziky (vedl Hans Bethe), sekci experimentální jaderné fyziky (Robert Wilson), sekci chemie (Joseph Kennedy), sekci metalurgie (Cyril Smith), technickou sekci (William Parsons), sekci výbušnin (George Kistiakowski), sekci mechaniky bomby (Robert Bacher) a konečně sekci pokročilého vývoje (Enrico Fermi)

Výroba vojensky využitelného vysoce obohaceného uranu probíhala v závodě Clinton Engineer Works v Oak Ridge, Tennessee. Celková kapacita výrobního komplexu v Oak Ridge činila jednu tunu U-235 za rok. V listopadu 1943 začal provoz experimentálního reaktoru X-10 na výrobu plutonia.

V poušti na jižním břehu řeky Columbia ve státě Washington byl vybudován komplex Hanford Engineering Works na výrobu štěpného plutonia Pu-239. Teoretická kapacita všech tří hanfordských reaktorů byla 19,4 kg plutonia za měsíc.

V červenci 1945 bylo k dispozici již 50 kilogramů obohaceného uranu z Oak Ridge a v Hanfordu probíhala výroba tempem dva gramy plutonia za den. To bylo dost k vytvoření dvou základních typů bomby (viz. kap. 4). Kromě později použitých principů se experimentovalo s vývojem absorpčního typu, kde zbraň obsahuje nadkritické množství

štěpného materiálu v němž je uložena látka, která absorbuje neutrony a snižuje tak hodnotu multiplikačního koeficientu. Odstraněním absorpční látky dojde k iniciaci. Další bylo řešení založené na mžikové aplikaci neutronového reflektoru. Tím se prudce snížil počet neutronů pronikajících obalem a došlo tak ke zvýšení multiplikačního koeficientu.

16. července 1945 o půl šesté ráno, proběhl v prostoru vojenské základny White Sands v polopoušti Jornada de Muerto, nedaleko městečka Alamogordo západně od Los Alamos, pokusný jaderný výbuch pod krycím názvem Trinity. Pokusnou náloží byla implozní jaderná bomba Gadget umístěná na 30 metrů vysoké ocelové věži. Jádru obsahovalo 6,2 kg čistého Pu-239 s příměsí pouze 0,9 % Pu-240. Výsledek předčil očekávání. Ocelová věž zmizela, na jejím místě vznikl kráter o průměru 300 metrů. Síla výbuchu byla podle měřících přístrojů určena na 20 kilotun TNT. Začal jaderný věk.

5.2 První praktické použití jaderných zbraní

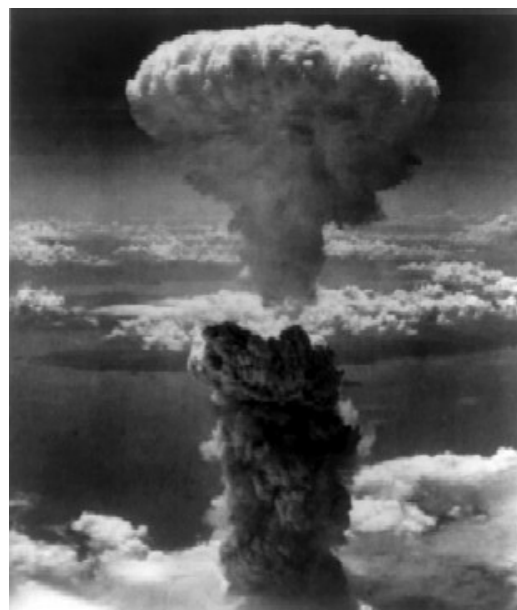


Obr. 3: jaderný výbuch v Hirošimě [15]

Druhá světová válka v Evropě skončila podepsáním bezpodmínečné kapitulace Německa 8. a 9. května 1945. Zatímco na pacifickém bojišti pokračoval pomalý a velkými ztrátami vykoupený postup spojeneckých vojsk směrem k Japonským ostrovům, Sovětský svaz přesunoval své síly na východ a připravoval se k vyhlášení války Japonskému císařství tak, jak přislíbil J. V. Stalin na Jaltské konferenci 11. února 1945. Spojené státy mezitím provedli úspěšný test jaderné zbraně a probíhali přípravy na praktické použití v bojových podmínkách.

6. srpna 1945 bylo rozhodnuto o svržení jaderné pumy Little Boy (viz. příloha č. 1) na japonské město Hirošima. Nálet provedli tři speciálně upravené bombardéry B-29. Letoun Enola Gay, pojmenovaný po matce pilota, byl nosičem bomby, další dva doprovodné letouny, Great Artiste a No. 91, prováděli pozorování a měření. Bomba vybuchla ve výšce 500 metrů nad zemí. Exploze o odhadované síle 12,5 kilotuny TNT vytvořila atomový hřib vysoký 10 000 metrů, zahálila celou oblast do prachu, ve městě vypukaly požáry a bortily se domy vlivem tlakové vlny. Při výbuchu nebo bezprostředně po něm zahynulo 70 000 lidí, dalších 70 000 bylo raněných. Na následky ozáření, nebo jím vyvolaných nemocí a mutací, po dalších 50 let zemřelo asi 120 000 lidí. Ve městě bylo na ploše 12 kilometrů čtverečních 60 % budov zcela zničeno.

Po vyhlášení války Japonsku Sovětským svazem a invazi sovětských armád do Mandžuska 8. srpna, Spojené státy nečekaly na japonskou odezvu a rozhodly se demonstrovat svou sílu světu znovu. Tentokrát bylo ke shození implozní bomby Fat Man (viz. příloha č. 2) vybráno město Nagasaki. 9. srpna 1945 provedl nálet bombardér jménem Bock's Car, doprovod tvořili No. 91 a Straight Flush. Průběh byl podobný jako o dva dny dříve v Hirošimě. Jaderný výbuch, tentokrát o síle asi 21 kilotun TNT, vytvořil hřib vysoký 18 000 metrů, avšak množství ztrát a škod bylo, vlivem členitého terénu, podstatně menší. Počet mrtvých a nezvěstných dosáhl 36 000, raněných bylo 40 000. Zóna zničení zasáhla území 4,8 kilometru čtverečního.



Obr. 4: atomový hřib nad Nagasaki [15]

Na téma oprávněného použití jaderných zbraní v Hirošimě a Nagasaki se vedly a stále vedou emocemi nabitě diskuse. Faktem zůstává, že na výsledek 2. světové války zabití 100 000 japonských civilistů nemělo žádný vliv. Naopak na poválečné dění, měla tato událost dopad nesmírný. Spojené státy americké se staly nezpochybnitelnou světovou velmocí, Sovětský svaz se snažil držet, alespoň ve zbrojní oblasti, krok. Následujícím padesátiletím prochází přízrak jaderného konfliktu jako červená nit. Celosvětový ekonomický život se, méně či více nápadně, přizpůsobuje novým závodům ve zbrojení. Zbrojní průmysl se snaží získat podporu veřejnosti tím, že některé své technologie uvolňuje pro civilní využití. Dochází k velkému provázání finančních korporací, bankovních skupin, státních agentur a zbrojního průmyslu. Z války a násilí se, navzdory vyzdvihovaným myšlenkám svobody, humanismu a demokracie, stává velmi využívaný nástroj k prosazování zájmů. Toho jsme svědky dodnes a jak se zdá, v nejbližších letech nebude situace jiná.

6 Nukleární prostředky hromadného ničení

Nukleárními prostředky hromadného ničení rozumíme zbraňové systémy a jejich bojové náplně, založené na principu jaderných reakcí, tzn. jaderného štěpení nebo slučování. Při iniciaci těchto prostředků dochází k téměř okamžitým ztrátám velkého rozsahu na majetku a životech. Takového účinku lze jen těžko dosáhnout použitím konvenčních zbraní.

Jaderné zbraně patří mezi fyzikálně a technologicky nejsložitější, jaké lidstvo zná. Svou náročnost vyvažují účinky. Energie se při jaderném výbuchu uvolňuje v několika formách:

1. tlaková vlna
2. tepelné a světelné záření
3. pronikavá radiace
4. elektromagnetický impuls
5. radioaktivní zamoření

Jaderný výbuch se odehraje v milisekundách, teplota vzroste na desítky milionů °C. To má za následek totální anihilaci, vypaření, všeho živého i neživého. Tlak dosáhne několika milionů atmosfér. Čelo tlakové vlny se pohybuje rychlostí několikanásobně větší než zvuk a bortí vše co jí přijde do cesty na vzdálenost několika kilometrů. Vytvoří se koule plazmatu o průměru desítek metrů, která má vyšší teplotu než povrch Slunce, vysílá elektromagnetické záření na všech frekvencích a částicové záření (urychlené neutrony), které způsobuje umělou radioaktivitu všeho v okolí. Koule chladne, stoupá do výšky a po několika sekundách vyhasíná. Zahřátý vzduch stoupá a vytváří podtlak. Vzniká tak komín, který nasává radioaktivní prach vysoko do atmosféry (charakteristický hříbovitý mrak). Po výbuchu kondenzuje pára a padá radioaktivní déšť. Tlakovými změnami vyvolaný vítr roznáší radioaktivní spad do rozsáhlých oblastí. Radiace způsobuje smrtelnou nemoc z ozáření (rozpad tkání), mutaci lidské DNA a další následné choroby. Působení radioaktivního zamoření v ekosystému je dlouhodobou a těžko odstranitelnou zátěží.

Sílu nebo ráži jaderných zbraní lze jen těžko určit. Užívá se proto porovnání s výbuchem určitého množství trinitrotoluenu, tzv. ekvivalent TNT. Hodnota ekvivalentu je pouze teoretická, nikdo není experimentálně schopen zjistit sílu exploze např. 1 megatuny TNT. Nejslabší nukleární nálož (10 až 20 tun TNT) měla americká taktická zbraň Davy Crockett. Naopak nejvýkonnější byla sovětská letecká puma Car o síle přes 50 megatun TNT.

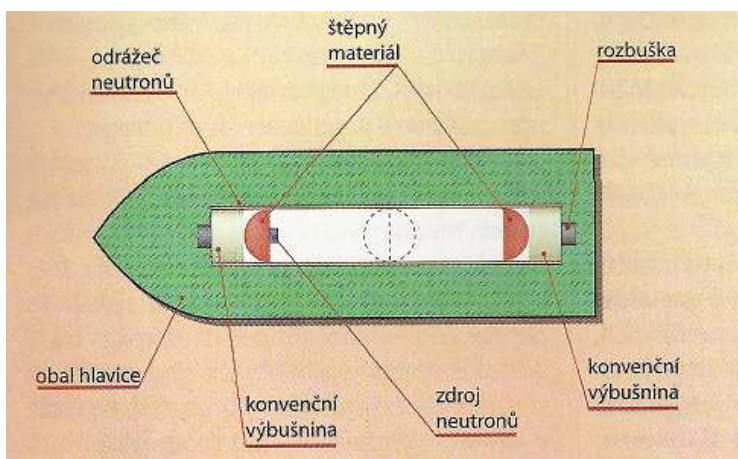
Jaderné zbraně neprochází tak bouřlivým vývojem jako jiné zbraňové systémy, nicméně i u nich můžeme pozorovat jistý technologický posun. Lze je rozdělit následujícím způsobem.

6.1 1.generace - štěpné zbraně (fission weapons)

Nukleární prostředky první generace (lze se setkat s označením A-bombs) jsou založeny na principu řetězové štěpné reakce, tak jak bylo vysvětleno v kapitole 3. Štěpným materiálem je U-235 nebo Pu-239. V nadkritickém množství materiálu dochází k jadernému štěpení. Pro urychlení reakce a větší kumulaci energie je přítomen zdroj volných neutronů a odražeč, tak aby byl multiplikační koeficient co největší. Při skladování jaderných zbraní a před jejich použitím je štěpný materiál v podkritickém množství. Probíhají v něm sice jaderné přeměny (pomalé znehodnocování), ale k řetězovému štěpení nedochází. K iniciaci výbuchu je třeba okamžitého získání nadkritického množství. Podle způsobu, kterým je ho dosaženo lze štěpné zbraně dále dělit.

6.1.1 Dělový typ (gun type)

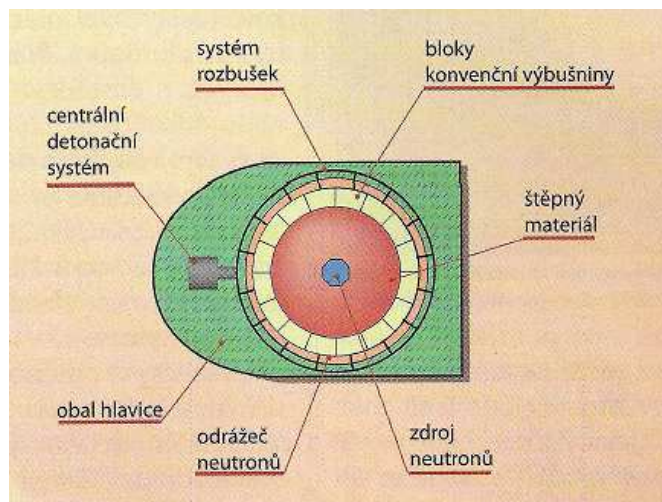
Název tohoto typu je odvozen od podobnosti s dělovou hlavní. K získání nadkritického množství dochází spojením dvou oddělených částí štěpného materiálu (U-235). Exploze konvenční trhaviny vymrští jeden kus uranu proti druhému (systém střela - terč), nebo dva kusy uranu proti sobě (systém střela - střela). V takto vzniklém tělesu se spouští štěpná reakce.



Obr. 5: schéma dělového typu [5]

Výhodou tohoto typu je snazší časová koordinace, větší mechanická odolnost a menší průměr. Je vhodný pro užití v taktických prostředcích. Nevýhodou je nemožnost použití Pu-239 (tedy nižší účinnost).

6.1.2 Implozní typ (implosion type)



Obr. 6: schéma implozního typu [5]

Hlavice implozního typu jsou podstatně více rozšířeny než typ předešlý. Náplň tvoří koule Pu-239 v podkritickém množství se zdrojem neutronů uprostřed, obložená bloky konvenční trhavy. Při iniciaci dochází k synchronizované explozi všech bloků trhavy najednou. Dochází tak k extrémnímu stlačení štěpného materiálu a spouští se jaderná reakce.

Implozní bomby mají výrazně větší účinnost než dělové typy. Nevýhodou je potřeba přesné časové koordinace iniciace konvenčních náloží, větší objem a nižší mechanická odolnost.

6.2 2.generace – fúzní zbraně (fusion weapons)

Jaderné zbraně druhé generace jsou označovány jako termojaderné nebo termonukleární. Lze se setkat i s ne zcela správným názvem vodíkové (H-bombs). Podstatou termojaderných zbraní je slučování izotopů vodíku (deuteria - ^2H a tritia - ^3H) v jádra helia. Při tomto procesu lze získat ještě více energie (tzn. dosáhnout větší účinnosti) než při jaderném štěpení. Z kapitoly 3 již víme, že k jaderné syntéze dochází pouze při vysokých teplotách. Těchto teplot však lze „snadno“ dosáhnout použitím štěpné nálože, ta v tomto případě působí jako iniciátor. Termojaderné zbraně jsou tedy kombinací jaderného štěpení a jaderné fúze. Podle typu kombinace fází jsou obvykle děleny.

6.2.1 Dvoufázová zbraň (fission-fusion)

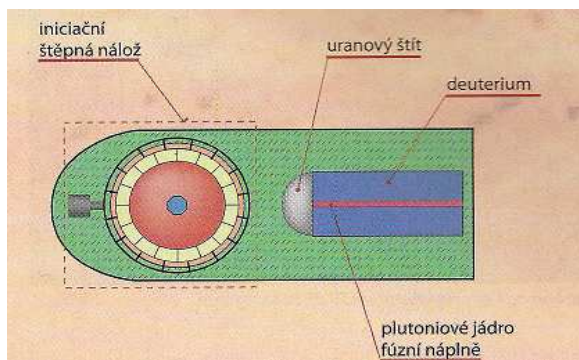
První fázi tvoří iniciační štěpná nálož (implozního typu), která vytváří tepelné a tlakové podmínky pro zahájení druhé fáze.

Ve druhé fázi dochází ke slučování jader deuteria v helium (^4He). Tento proces vytváří značné množství energie, při podstatně menším radioaktivním zamoření. Fúzní část obsahuje uranový štít, který zabraňuje předčasnému spuštění slučování a plutoniové jádro ve tvaru tyče k rozšíření reakce do celé fúzní náplně.

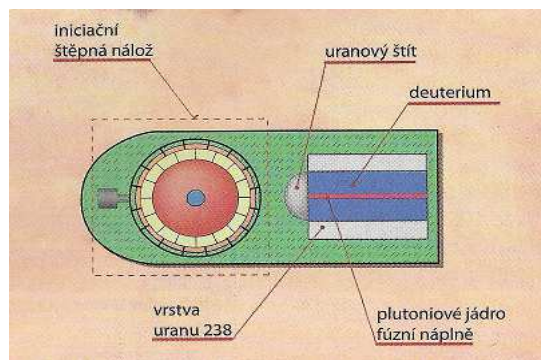
6.2.2 Třífázová zbraň (fission-fusion-fission)

Zbraň opět obsahuje v první fázi štěpnou nálož jako spoušť termojaderné reakce. Dále potom deuterium, které se ve druhé fázi slučuje v helium.

Třetí fáze využívá velkého množství rychlých neutronů vznikajících v druhé fázi a kterými lze štěpit jádra levného přírodního U-238.



Obr. 7: schéma dvofázové zbraně [5]



Obr. 8: schéma třífázové zbraně [5]

6.3 3.generace - zbraně s modifikovaným účinkem

Jaderné arzenály druhé poloviny studené války byly připravovány na široké pásmo nasazení. Vyžádaly si nové zbraně, které sice technicky vycházejí z prostředků druhé generace, nicméně liší se svým účinkem. Jsou upraveny tak, že je některý z efektů posílen, či naopak potlačen. Třetí generaci nukleárních prostředků tedy označujeme jako zbraně s modifikovaným účinkem.

6.3.1 Zbraň se zesíleným zářením (ER – Enhanced Radiation)

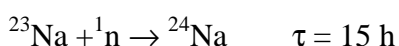
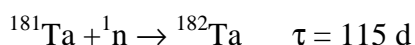
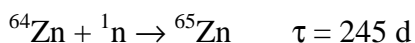
Bývá často označována jako neutronová bomba. Jde o dvofázovou termonukleární zbraň, která obsahuje co nejmenší iniciální štěpnou nálož. Přičemž na slučování vodíku připadá až 90% energie výbuchu. Při tomto slučování vzniká značné množství neutronů s velkou energií (pronikavá radiace). Ty vykazují dobrou pronikavost i skrze kovové materiály, které jinak dobře pohlcují nebezpečné záření (paprsky gama). Neutronové záření má velmi rychlý smrtící účinek na živou sílu. Dávka 600 radů je obecně považována za smrtící, ovšem příznaky nemoci z ozáření se projeví až za několik hodin. Neutronová bomba je schopná způsobit ozáření až 8000 radů, což znamená smrt do několika minut. Neutrony jsou ve vzduchu prudce zpomalovány a už po 500 m mají pouze desetinu své původní energie.

Nejúčinnější ochranou proti neutronovému záření jsou jednoduché kryty ze zeminy a betonu. Představy o ničím nepoškozené infrastruktuře a technickém zařízení jsou naprosto mylné. Jde v každém směru o nukleární zbraň se všemi jejími účinky.

6.3.2 Zbraň se zesíleným zamořením (Salted Bomb)

Stejně jako prostředky typu ER využívají neutronů s vysokou energií. Obaly těchto zbraní jsou z kovů, které se působením neutronového záření mění v radioaktivní izotopy a v podobě prachu zamořují terén. Podle poločasu rozpadu jednotlivých radionuklidů lze volit dobu zamoření.

Příklad používaných materiálů v obalech Salted Bomb:



6.3.3 Zbraň s potlačeným zamořením („čistá bomba“)

Termín čistá bomba je poněkud zavádějící, dal by se totiž aplikovat na všechny termonukleární zbraně, které se obecně vyznačují nižší mírou radioaktivního zamoření než zbraně štěpné.

Zbraně s potlačeným zamořením jsou principiálně pravým opakem zbraní se zesíleným zamořením. Jejich obaly jsou vyrobeny z kovů, které pronikavou radiací pohlcují a přitom se sami nestávají radioaktivními. Používá se bor, který bývá někdy součástí kompozitních pancířů tanků, právě jako ochrana před použitím ER hlavic.

Čistá bomba obsahuje nejslabší možnou iniciační štěpnou nálož, aby bylo omezeno její radioaktivní působení. Cílem všech těchto úprav je dosažení minimálního, a pokud možno, krátkodobého zamoření místa exploze, což umožňuje další (konvenční) vojenské operace v oblasti. Je to také cesta k využití demoliční síly jaderných zbraní v civilním sektoru.

6.4 4.generace (fission-free fusion weapons)

Všechny zbraně 2. a 3. generace mají společnou nevýhodu v nutnosti zahájení slučovací fáze pomocí iniciační štěpné nálože. Štěpné zařízení je rozměrné, těžké, složité, křehké, produkuje velké množství nechtěného zamoření a také je velice drahé. Tento problém se snaží vědci vyřešit ve 4.generaci nukleárních prostředků nazývané Pure Fusion Weapons nebo také Fission-Free Fusion Weapons.

Všechny návrhy zbraní 4.generace, zatím zůstávají ve fázi teorií a laboratorních experimentů, případně jsou opředeny sítí mýtů a tajemství. Jde o to překonat potenciálovou bariéru

pro slučování deuteria, tritia nebo lithia, tzn. dodat dostatečné množství energie, bez využití štěpné nálože.

Experimentuje se například s vyvoláním tlakových vln při koordinované explozi konvenčních náloží (podobně jako u implozní štěpné nálože). Tento způsob je zatím v praxi nepoužitelný. Další možnou spouští je soustava kumulativních náloží, které jsou namířeny na fúzní jádro. Výbušné paprsky by dodaly potřebný tlak a teplotu pro zahájení slučování. Podobně lze využít i lasery nebo urychlovače částic.

Záhadou zůstává tzv. červená rtuť. Podle ruských vědců je červená rtuť složitý polymer obsahující izotopy rtuti a antimonu, který se vyrábí chemickou syntézou a následným ozařováním v jaderném reaktoru. Klíčovou vlastností má být schopnost se energeticky nabíjet pomocí různých druhů elektromagnetického záření. Energie se postupně akumuluje v elektronovém obalu atomů (dochází k jejich excitaci), ale uvolnit se může najednou. To vytváří předpoklad využití červené rtuti při iniciaci vodíkové fúze. Nicméně stále není jisté, zda červená rtuť opravdu existuje a zda má výše jmenované vlastnosti. Pokud by však naplňovala tyto předpoklady znamenalo by to revoluci nejen v oblasti nukleárních zbraní, ale také v oblasti jaderného terorismu.

6.5 Prostředky jaderného napadení

Jaderné nálože (hlavice) jsou součástí složitějších zbraňových systémů a zařízení, které lze, za pomoci patřičných technických prostředků dopravy na cíl považovat za schopné účinného nasazení. Tyto prostředky se souhrnně nazývají prostředky jaderného napadení. Během šedesátiletého vývoje jaderných zbraní docházelo samozřejmě k technickému pokroku i v oblasti jejich užití.

Nukleární prostředky hromadného ničení podléhají vojenským doktrínám, tak jako všechny druhy zbraňových systémů. Éra studené války předpokládala rozvinutí globálního jaderného konfliktu s využitím všech možných způsobů nasazení. Po rozpadu východního bloku by mohla být očekávána změna v doktrínách nasazení nukleárních arzenálů, avšak není tomu tak. Nebezpečí okamžitého jaderného konfliktu sice zaniklo, ale možnost jeho vzniku a způsob použití jaderných prostředků nikoliv. Lze je tedy rozdělit na základě účelu nasazení na jaderné zbraně taktického a strategického určení.

6.5.1 Taktické jaderné zbraně

Jde o prostředky jaderného napadení užívané při přímých bojových operacích, kdy je vytěžována hlavně ničivá schopnost jaderné exploze. Jaderné nálože mají sílu v řádu jednotek

až desítek kilotun. Jako taktické jaderné zbraně se využívají dělostřelecké granáty, miny, demoliční nálože, letecké pumy (např. americké B61), hlavice řízených střel (neutronové hlavice antiraket), střel s plochou dráhou letu apod.

Množství jaderných zbraní taktického určení není ve světě mnoho, využívají je snad jen USA, Rusko a Čína. Většina vlastníků jaderných zbraní disponuje strategickými nukleárními zbraněmi (více o jaderných arsenálech v příloze č. 6).



Obr. 9: taktická bezzákluzová zbraň Davv Crockett [1]

6.5.2 Strategické jaderné zbraně

Posláním strategických jaderných zbraní je v první řadě odstrašení protivníka hrozbou totálního vyhlazení. V tomto duchu byly budovány arsenály USA a SSSR v dobách studené války. Postupným vývojem se vojenská doktrína ustálila v podobě vybudování strategických jaderných sil, které stojí na třech pilířích, tzv. jaderné triády.

První a nejstarší pilíř jaderné triády tvoří strategické letectvo. Již od doby vzniku jaderných zbraní, jsou těžké bombardéry s velkým akčním rádiem, velmi využívaným prostředkem dopravy na cíl, a to jak v USA tak v RF. V současnosti užívané strategické bombardéry disponují doletem od 7 000 do 16 000 km. Množství nesených zbraní je v řádu desítek tun, jde o letecké pumy, střely vzduch-země nebo i střely s plochou dráhou letu (vzhledem k finanční náročnosti udržování



Obr. 10: Boeing B-52H Stratofortress [16]

leteckého parku jsou využívány při lokálních konfliktech jako nosiče konvenční munice). Zde je třeba dodat, že ne všichni vlastníci jaderných zbraní mají dostatek prostředků na udržování strategického letectva. Například Francie nebo Čína používá v leteckém pilíři jaderné triády upravené taktické letouny jako nosiče strategických jaderných zbraní.

Druhý pilíř tvoří flotila ponorek-nosičů balistických střel. Jde většinou o ponorky, podle názvosloví USA, označované jako SSBN (SS – submersible ship, B – ballistic missile, N – nuclear), podle názvosloví RF jde o PLARB (Podvodnaja Lodka Atomnaja Raketnaja Ballističeskaja). Teoreticky je možná i existence nosičů balistických střel s konvenčním pohonem, ale v praxi se s takovými typy lze jen těžko setkat. Vyplývá to ze způsobu nasazení

ponorek. Pohybují se daleko od svých základen, v mezinárodních vodách nebo pobřežních vodách nepřítele. V takovém případě je hlavním požadavkem velký akční rádius a schopnost provádět dlouhodobě operace bez vymoření (balistické střely, SLBM – Submarine Launched Ballistic Missile, jsou odpalovány z ponořeného nosiče). Ponorky s jaderným pohonem jsou tak ideálním prostředkem. Podobně jako u strategických



Obr. 11: odpálení střely Trident II [15]

bombardérů jsou v poslední době některé nadbytečné ponorky typu SSBN přestavovány na typ SSGN (PLARK), tzn. nosiče střel s plochou dráhou letu (obvykle s konvenční hlavicí). Třetím pilířem jaderné triády jsou balistické střely odpalovány ze země prostřednictvím mobilních odpalovacích zařízení nebo podzemních sil. Balistická střela je střela pohybující se po balistické křivce většinu své cesty k cíli. Balistické střely se dělí podle dosahu. Tím je myšlena maximální vzdálenost měřená na zemském povrchu z místa vypuštění, do místa dopadu posledního elementu nákladu. Různé země je dělí různými způsoby, já se přidržím dělení podle Spojených států.

- mezikontinentální (ICBM – InterContinental Ballistic Missile)
nad 5 500 km
- dalekého dosahu (IRBM – Intermediate-Range Ballistic Missile)
3 000 – 5 500 km
- středního dosahu (MRBM – Medium-Range Ballistic Missile)
1 000 – 3 000 km
- krátkého dosahu (SRBM – Short-Range Ballistic Missile)
do 1 000 km

Funkce balistických střel je založena na newtonově třetím pohybovém zákoně „akce a reakce“. Proud horkých plynů, který vychází z těla rakety jedním směrem má za následek pohyb směrem opačným. Na rozdíl od motorů proudových letadel musí raketový motor fungovat i v řídké atmosféře a mimo ni, proto si raketa nese okysličovadlo sebou.

Hlavní součásti rakety jsou motorová část, palivová nádrž obsahující palivo (tekuté nebo pevné) a okysličovadlo, naváděcí systém a návratové těleso obsahující hlavici. Návratové těleso je opatřeno tepelným štítem, který umožňuje překonat tepelné namáhání způsobené aerodynamickým ohřevem během prudkého sestupu atmosférou k cíli. Balistická střela může nést více samostatně naváděných návratových těles obsahujících ostré i falešné hlavice

(MIRV – Multiple Independently targetable Reentry Vehicle), které jsou samostatně naváděny na jeden či více cílů a zvyšují tak pravděpodobnost průchodu obranými prvky.

V první fázi letu střela nabírá výšku (boost). Trvá 3 – 5 minut a raketa se dostává do výšky 150 – 400 km. Druhou fází je tzv. střední fáze letu (mid-course), která trvá průměrně 25 minut v maximální vzdálenosti od povrchu Země asi 1 200 km. Na konci této fáze dochází k vypouštění návratových těles využívání prvků rušení a vlastní ochrany před protiraketovými systémy. Třetí fáze, návrat do atmosféry (reentry), začíná ve výšce 100 km a trvá asi 2



Obr. 12: ICBM SS-27 Topol-M [12]

minuty. K dopadu dochází rychlostí kolem 4 km/s, to značně stěžuje účinný zásah prostředky raketové obrany.

O balistických střelách jako potencionálních nosičích nukleárních hlavic byly dojednány mezinárodní smlouvy, které omezují jak vyzbrojení jednotlivými typy, tak i použité technické prvky střel (více v kapitole 7).

7 Radiologické prostředky hromadného ničení

Zatímco u nukleárních zbraní je z vojenského hlediska nejdůležitější ničivá síla exploze a radioaktivní zamoření je považováno za druhotný, ve většině případů nežádáný, efekt, u radiologických prostředků je tomu přesně naopak.

Za radiologický prostředek hromadného ničení je považován každý mechanismus nebo technické zařízení, které je schopno rozšiřovat radioaktivní materiál za účelem zabití, zranění a vyvolání chaosu. Vojenské využití prakticky nemají žádné, jde tedy čistě o prostředky vhodné k terorismu, případně k účelům asymetrické války.

Šíření radioaktivního materiálu může být provedeno ve formě rozprašování práškovými letadly, kontaminace vody nebo potravinového řetězce. Avšak tím nejpravděpodobnějším, nejzmiňovanějším a také nejobávanějším způsobem je exploze „špinavé bomby“ (dirty bomb, RDD – Radiological Dispersion Device).

V žádném případě nejde o zařízení, které by svým mechanismem připomínalo jadernou zbraň. Podstatou se špinavá bomba neliší od klasického výbušného zařízení. Velké množství účinné konvenční trhaviny je obklopeno radioaktivním materiálem, který je při explozi rozptýlen do atmosféry (podobně jako při havárii jaderného zařízení). Oblast zamoření může být sice, v závislosti na povětrnostních podmínkách, relativně velká, ale koncentrace radioaktivního zamoření se tím značně snižuje. Je velmi nepravděpodobné, že by došlo při explozi špinavé bomby k úmrtí na základě přímého vlivu radioaktivity. Špinavá bomba zabíjí stejně jako jakákoliv jiná nálož. Působí tedy hlavně ničivou silou exploze, vyvolává paniku a navíc způsobuje dlouhodobé zamoření terénu, sídel a zařízení, které znemožňuje jejich běžné užívání. Radiace je lidskými smysly nezjistitelná, proto nelze okamžitě určit zda došlo k výbuchu obyčejné nálože nebo špinavé bomby.

V malých dávkách může radiace v dlouhodobém horizontu způsobit rakovinu. Pokud jsou osoby vystaveny vyšším dávkám záření, způsobuje nemoc z ozáření nebo otravu. Při otravě záření ničí jednotlivé buňky, zvláště pak buňky trávicího traktu a narušuje krvetvorbu v kostní dřeni. Pokud není zasažená osoba léčena dojde k dehydrataci a vykrvácení. Nemoc z ozáření se projevuje zvedáním žaludku a zvracením, průjmy, pálením kůže (zarudnutím), slabostí, únavou, vyčerpáním, dehydratací, ztrátou vlasů, tvořením vředů kolem úst a v trávicím traktu, zvracením krve, krvavou stolicí, krvácením z nosu, úst a konečníku, otevřenými krvácejícími ranami. Smrt nastává do několika dní až týdnů.

Jako radioaktivní materiál lze použít vyhořelé palivo a odpad z jaderných elektráren, radioaktivní odpad ze zdravotnictví, případně jiných průmyslových odvětví. Navzdory snaze

o kontrolu přepravy a obchodu s radioaktivním materiálem, prostřednictvím právních předpisů národní nebo nadnárodní úrovně, se čas od času nějaké množství ztratí. K sestrojení špinavé bomby není třeba drahých a technologicky náročných zařízení, jako v případě nukleárních zbraní. Proto je použití zařízení RDD stejně pravděpodobné jako použití chemických či biologických prostředků. Do dnešních dnů nebylo použití špinavé bomby zaznamenáno.

Tab. 1: materiál, který lze použít v RDD

Název	Poločas rozpadu	Civilní použití
^{137}Cs	30,23 r	ozařovače potravin, zdravotnické vybavení, léčba rakoviny
^{60}Co	5,26 r	dezinfekce potravin, sterilizace zdravotnického vybavení, léčba rakoviny
^{243}Am	7 580 r	detektory kouře, naftové vrty
^{252}Cf	2,6 r	zdravotnické vybavení
^{90}Sr	28,5 r	termoelektrické generátory
^{226}Ra	1 602 r	léčba rakoviny
^{131}I	8,01 d	jaderná energetika
^{192}Ir	74 d	zdravotnické vybavení
^{244}Pu	80,8 r	nukleární inženýrství, nukleární fyzika

8 Obrana před nukleárními prostředky

Cyklus objevování nových druhů zbraní, je založen na hledání nové útočné zbraně a účinné obrany proti ní. Jaderné zbraně představují v tomto směru něco naprosto převratného. Člověku se dostal do rukou prostředek, proti kterému neexistuje, a s největší pravděpodobností nikdy existovat nebude, účinná ochrana. Ani v tomto případě se však lidstvo nevzdává a i když nedokáže potlačit účinky jaderné exploze, snaží se nalézt způsob jak je alespoň oslabit na únosnou míru. Obranu tak můžeme v tomto případě rozdělit na pasivní protiatomovou ochranu a aktivní obranu, která se snaží zabránit provedení jaderného výbuchu na vlastním území.

8.1 Ochrana proti účinkům jaderných zbraní

Při protiatomové ochraně se uplatňují principy vzdálenosti a ukrytí spojené s principem času. Se vzrůstající vzdáleností od epicentra výbuchu se snižuje tlak v tlakové vlně, energie tepelného záření i pronikavé radiace. V době studené války se proto vypracovával systém ochrany obyvatelstva v ohrožených oblastech, jednak formou evakuace, jednak formou ukrytí. Úkryty poskytují ochranu proti velkému tlaku, vysokým teplotám a pronikavé radiaci. Filtrační systémy zajišťují přežití ukryvaných dokonalou filtrací vzduchu. V 60. a 70. letech 20. století bohatší státy věnovaly nemalé finanční prostředky na budování protiatomových krytů nejen pro civilní obyvatelstvo, ale hlavně také pro orgány státní správy. Tak vznikly kolosy, které měly zajistit přežití nejdůležitějších prvků státu. Ukrytí je však časově značně omezené a ukryvaní musí kryt jednou opustit, s tím, jak přežijí v oblasti zamořené radioaktivním spadem si nikdo hlavu moc nedělal.

Tab. 2: přibližné hodnoty polovrstev k zeslabení gama a neutronového záření [1]

Materiál	Hustota (g/cm³)	Polovrstva (cm) gama záření	Polovrstva (cm) neutronové záření
dřevo	0,7	15-40	10-15
voda	1,0	23	3
zemina	1,6	10-18	9-14
beton	1,9-2,8	6-13	8-12
ocel	7,8	2-3	5-12
olovo	11,3	1,4-2	9-20
polyetylen	0,92	15-30	3-6

V případě vypuknutí jaderného konfliktu je účinnost evakuace i ukrytí velmi diskutabilní. I při vybudování účinného systému varování obyvatelstva je evakuace nebo ukrytí velkých aglomerací otázkou spíše několika dní, což je v případě napadení například střelami ICBM značně nevyhovující.

Při ochraně proti jaderným zbraním je důležitý radiační průzkum, dozimetrie a určení nebezpečnosti radioaktivity a záření pro člověka. Využívají se k tomu následující veličiny:

- **Dávka** (zn. D) – vyjadřuje energii záření pohlcenou v 1 kg látky (J/kg), jednotkou je Gray (zn. Gy)
- **Ekvivalentní dávka** (zn. H_T) – vyjadřuje působení záření na člověka, je součinem dávky a radiačního váhového faktoru, jednotkou je Sievert (zn. Sv)
- **Efektivní dávka** (zn. E) efektivní dávka vyjadřuje působení na člověka s ohledem na různou odolnost tkání lidského organismu, je sumou součinů tkáňového váhového faktoru a ekvivalentní dávky, jednotkou je Sievert (zn. Sv)

Na základě znalostí o poškození organismu ionizujícím zářením se nabízí možnost ochrany organismu pomocí radioprotektivních látek. Tyto chemické sloučeniny mohou po požití nahradit zasažené životně důležité stavební kameny organismu a snížit tak riziko poškození. Podobně funguje i biologická radioprotekce, tzn. aplikace látek produkovaných živými organismy, které se podávají před ozářením a zvyšují odolnost buněk kriticky citlivých tkání. Jako radioprotektiva se používají např. cysteamin, disulfid sulfanyletylaminu, organické nitrily nebo i biogenní aminy jako jsou histamin a serotonin. Zajímavé je že nejjednodušší radioprotektivní látkou je alkohol. Některé výzkumy nesměřovaly k radioprotekci, ale k pouhému potlačení příznaků ozáření, aby byla udržena bojeschopnost zasažených vojáků.

V moderním světě elektroniky a vysoké úrovně computerizace je velmi důležitá ochrana proti elektromagnetickému impulsu, který doprovází každý jaderný výbuch. Vzniká zejména průchodem gama záření atmosférou, které tak vytváří silné elektromagnetické pole. Projevuje se hlavně u vzdušných výbuchů nad 50 km. Dokáže tak narušit fungování státu bez ohledu na úroveň zasažení ostatními účinky jaderného výbuchu.

8.2 Protiraketová obrana

8.2.1 Počátky

Se vznikem prvních nepilotovaných prostředků sloužících k napadení území a sil protivníka (1944-45, zbraně V1 a V2) došlo také k prvním krokům budování účinné obrany. Zatímco proti zbraním V1 (Fi 103) se kombinace protiletadlového dělostřelectva, radaru a stíhacího letectva ukázala jako účinná, první balistické střely V2 (A4) se staly pro zaběhnutý systém protivzdušné obrany těžkým oříškem. Rychlost dopadu rakety (hlavice) je tak velká (může být větší než Mach 10), že znemožňovala tehdejšími hlavnovými a detekčními prostředky účinně zasáhnout. Teprve s rozvojem raketové techniky v 50. letech začaly vznikat první účinné systémy obrany proti balistickým střelám (např. americké rakety řady Nike a sovětské systémy S-25, S-75, A). Se vznikem mezikontinentálních střel a pronikáním člověka do vesmíru došlo k prudkému rozvoji systémů včasného varování a monitorování odpalovacích zařízení protivníka. Hrozilo vypuknutí dalších závodů v jaderném zbrojení, které by se tentokrát dotklo i vesmíru. Proto byla v roce 1972 podepsána zástupci USA a SSSR smlouva o omezení systémů protiraketové obrany. Na základě protokolu, který byl přidán v roce 1974 se obě strany zavázaly udržovat pouze jeden systém protiraketové obrany. SSSR si vybral ochranu Moskvy, USA obranu postavení balistických střel Minuteman v Grand Forks. USA však z finančních důvodů svůj systém brzy na to zrušily.

Kromě strategických obraných systémů docházelo také k vývoji a implementaci systémů, které zajišťují protiraketovou ochranu vojsk na bojišti. Tyto systémy žádná mezinárodní smlouva nikdy neupravovala, proto vzniklo velké množství prostředků, které zajišťují obranu nejen před balistickými střelami, ale také jakýmkoli jiným napadením ze vzduchu. Například prostředky rodiny S-300, S-400, nebo systémy Patriot. Nevýhodou těchto prostředků je značně omezená účinnost proti balistickým střelám s doletem nad 3 000 km.

8.2.2 Současnost

14. prosince 2001 vláda USA vypověděla smlouvu o omezení systémů protiraketové obrany a začala s realizací plánů nového komplexního projektu protiraketové obrany (BMD, Ballistic Missile Defence) prostřednictvím vládní agentury MDA (Missile Defence Agency). Projekt BMD se v současné době opírá o tyto části:

- 3 radary včasného varování EWR (Early Warning Radar) Beale AFB (CA), Shemya (AK) a Fylingdales (UK)
- systém družic
- 2 přehledové radary systému THAAD AN/TPY-2
- 1 naváděcí radar SBX-1
- antirakety GBI na základně Fort Greely (AK)
- pozemní systém Patriot PAC-3
- námořní systém Aegis se střelami SM-3

V budoucnu by součástí projektu BMD měl být i systém obrany vojsk THAAD a letecký laser (Airborne Laser).

Rusko již od dob studené války udržuje svůj jediný systém protiraketové obrany a jako reakci na kroky USA jej dále modernizuje. Součástí ruského protiraketového systému jsou tyto:

- 13 radarů včasného varování typů Dněstr-M/Dněpr, Dněstr, Darjal, Volga a Voroněž na základnách Olenegorsk, Mišlevka, Balchaš, Pečora, Gabala, Baranoviči, Lechtuši a Armavir
- naváděcí radar Don-2N moskevského systému
- protiraketový systém A-135 v Moskevské oblasti, který tvoří 68 střel krátkého dosahu 53T6 (Gazelle) a 32 střel dlouhého dosahu 51T6 (Gorgon) na základnách Lytkarino, Sofrino, Korolev, Škodnja a Vnukovo

Je velmi pravděpodobné, že v následujících deseti letech dojde k velkému vývoji v oblasti budování a vývoje systémů protiraketové obrany jak z technického hlediska, tak z pohledu mezinárodní politiky.

9 Systém mezinárodních smluv v oblasti nukleárních zbraní

9.1 Dohoda o nešíření jaderných zbraní

(Nuclear Non-Proliferation Treaty, NPT)

Byla vytvořena v roce 1968 a v platnost vstoupila 5. března 1970. Platnost byla určena na 25 let. V roce 1995 došlo k jejímu prodloužení na neurčito. Cílem smlouvy je zabránit zvyšování počtu států, které disponují nukleárními prostředky. Pouze Izrael, Indie, Pákistán a Kuba smlouvu nepodepsali. V roce 2003, jako jediný stát v historii dohody, KLDR porušila podmínky smlouvy a odstoupila. Preambule a jedenáct článků vyjadřuje myšlenku tří pilířů.

9.1.1 Nešíření jaderných zbraní

Smlouva rozlišuje statutární vlastníky jaderných zbraní (USA, Rusko, VB, Francie, ČLR) a státy, které jadernými zbraněmi nedisponují. Statutární vlastníci se smlouvou zavazují k nešíření jaderných zbraní nebo technologií jejich výroby nevlastníkům. Dále nesmí žádným způsobem povzbuzovat nebo podporovat vývoj a výrobu jaderných zbraní v těchto státech.

V podobném duchu se státy, které nevlastní nukleární prostředky, zavazují k odmítnutí snah o získání jaderných zbraní, technologií jejich výroby nebo materiálu potřebnému k vývoji a výrobě.

9.1.2 Jaderné odzbrojení

Signatáři smlouvy vyjadřují ideu zpomalení závodů v jaderném zbrojení a možnost budoucího totálního odzbrojení. Formulace jsou však pouze velmi vágní, typu „jednání v dobré víře“, k uzavření závazné smlouvy o úplném odzbrojení tedy nikdy nedošlo. To záleží pouze na dobrovolném přístupu a jednání jednotlivých států.

9.1.3 Mírové využití jaderné energie

Smlouva umožňuje státům, které nevlastní jaderné zbraně transfer a využívání technologií a materiálu pro potřeby programu jaderné energetiky. Všichni signatáři musí umožnit Mezinárodní organizaci pro atomovou energii (IAEA) kontroly svých jaderných zařízení, které mají ověřit soulad se závazky smlouvy. Nicméně tento poslední pilíř zůstává slabým místem celé dohody.

9.2 Dohoda o zákazu jaderných testů

(Nuclear Test Ban Treaty, NTBT)

10. října 1963 vstoupila v platnost smlouva o zákazu testovacích jaderných výbuchů v atmosféře, pod vodou a ve vesmíru. Smlouvu podepsalo a ratifikovalo 113 zemí. Nepodepsala ji například Francie a ČLR. Cílem smlouvy bylo nejen zpomalit závody ve zbrojení, ale také snížit míru ekologické zátěže, kterou radioaktivní spad nutně způsobuje.

10. září 1996 byla k podpisu připravena tzv. dohoda o úplném zákazu jaderných testů (Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty, CNTBT), která by měla nahradit stávající smlouvu. Smlouva zatím nevstoupila v platnost. Jejím cílem je úplný zákaz jaderných testů ve všech prostředích včetně kosmu.

9.3 Dohoda o protiraketové obraně

(Anti-Ballistic Missile Treaty, ABMT)

Smlouva vstoupila v platnost 3. října 1972. Od roku 1976 platí i dodatkový protokol, který omezuje počet oblastí bráněných protiraketovým systémem na jednu. Zabraňuje tak provozování globálních protiraketových systémů. Jak už bylo psáno dříve, SSSR si vybral obranu Moskvy, USA obranu podzemních sil raket Minuteman v Grand Forks. Moskevský systém funguje dodnes, americký systém Safeguard fungoval pouze rok.

Od roku 2002 je smlouva ABMT neplatná.

9.4 Dohoda o omezení strategických prostředků

(Strategic Arms Limitation Treaty, SALT)

Dohody SALT I (podepsána 26. května 1972) a SALT II (podepsána 18. června 1979) jsou prvními vstřícnými kroky mezi USA a SSSR v oblasti jaderného zbrojení. Hlavním cílem obou smluv bylo zmrazení počtu nosičů jaderných zbraní (myšleny hlavně ICBM a SLBM) a určit podmínky jejich modernizace a vývoje nových typů.

Smlouva SALT II nebyla USA nikdy ratifikována i když byly její podmínky respektovány oběma stranami až do roku 1986, kdy ji vláda prezidenta Reagana prohlásila za neplatnou.

9.5 Dohoda o redukci strategických prostředků

(Strategic Arms Reduction Treaty, START)

Dohoda START I (ratifikována 31. července 1991, po devíti letech od podání návrhu) zavazovala smluvní strany radikálním způsobem redukovat nejen počty strategických nosičů

(max 1600), ale také množství hlavic (max 6000). Díky tomu došlo v devadesátých letech k radikálnímu snížení počtu jaderných zbraní ve světě.

Dohoda START II (podepsána 3. ledna 1993) měla v první řadě zakázat využívání MIRV na ICBM. Netýkala se však SLBM, což vyvolávalo nespokojenost hlavně ze strany Ruska. 14. června 2002, den po odstoupení USA od smlouvy o omezení protiraketové obrany, Rusko oznámilo, že se necítí nadále být vázáno podmínkami smlouvy START II.

V prosinci 2007 začalo vyjednávání o nové dohodě START III, která by dále měla omezovat množství jaderných zbraní ve vlastnictví USA a Ruska.

9.6 Dohoda o střelách dlouhého doletu

(Intermediate-range Nuclear Forces treaty, INF)

Vešla v platnost 1. června 1988. Zavazuje signatáře k likvidaci arsenálu střel krátkého, středního a dlouhého doletu a střel s plochou dráhou letu odpalované z pozemních odpalovacích zařízení. Bylo to jasné vítězství USA, které byly nuceny zlikvidovat pouze střely Pershing Ib, Pershing II a pozemní verzi střel BGM-109 Tomahawk. Naproti tomu SSSR přišel o systémy 8K63 (SS-4 Sandal), 8K65 (SS-5 Slean), 8M76 (SS-12 Scaleboard), 9K714 (SS-23 Spider), 15Zh45 (SS-20 Saber).

Platnost smlouvy se dostala na ostří nože v únoru 2007, kdy ji zpochybnil ruský prezident Putin v reakci na budování prvků národní protiraketové obrany USA ve střední Evropě.

9.7 Dohoda o redukci strategických útočných prostředků

(Strategic Offensive Reduction Treaty, SORT)

Nejnovější smlouva mezi USA a Ruskem (platná od 1. června 2003 do 31. prosince 2012) navazuje na smlouvy SALT, START a INF. Smlouva sice omezuje počty jaderných hlavic na 1700-2200, avšak nenařizuje likvidaci nadbytečných kusů, pouze jejich deaktivaci, ty tak mohou být dále skladovány. Obě strany mohou od smlouvy odstoupit bez jakýchkoli postihů.

9.8 Bezjaderné zóny (Nuclear Weapon Free Zones)

Bezjaderná zóna (z pohledu jaderných zbraní nikoliv jaderné energetiky) je oblast, v které je mezinárodní smlouvou určený zákaz vývoje, výroby a rozmísťování nukleárních prostředků hromadného ničení (viz. příloha č. 7). Každá smlouva má v sobě obsažen mechanismus ověřování a kontroly dodržování podmínek smlouvy jednotlivými signatáři.

1. nejstarší bezjadernou zónou je Antarktickou smlouvou určena Antarktida, platná je od 23. června 1961.

2. od 25. dubna 1969 je platná smlouva z Tlatelolca, která vytváří bezjadernou zónu v Jižní a Střední Americe.
3. v jižním Pacifiku je vytvořena bezjaderná zóna smlouvou z Rarotongy podepsanou 6. srpna 1985.
4. smlouva z Bangkoku, která vešla v platnost 28. března 1997 vyhláší moratorium na jaderné zbraně mezi deseti státy jihovýchodní Asie.
5. nová bezjaderná zóna vzniká v Africe (smlouva z Pelindaby), všechny státy ji podepsaly, avšak ratifikace zatím proběhla je v malé části z nich, proto ještě není platná.
6. ve stejné fázi je stav středoasijské bezjaderné zóny, jejíž vznik 8. září 2006 podepsaly Kazachstán, Kyrgyzstán, Tádžikistán, Uzbekistán a Turkmenistán na jaderném polygonu Semipalatinsk v Kazachstánu.
7. další státy si vytvořili pomocí vlastních právních předpisů na svém území bezjadernou zónu, tímto státem je Rakousko, Mongolsko a území bývalé Německé demokratické republiky (NDR).

Problémem v bezjaderných zónách zůstávají závislá území vlastníků jaderných zbraní (v Indickém a Tichém oceánu), které jsou využívány například jako letecké nebo námořní základny. Obecně však lze říct, že bezjaderné zóny značně podporují snahy smlouvy o nešíření jaderných zbraní.

10 Perspektivy

V současnosti existuje pět statutárních vlastníků jaderných zbraní podle dohody o nešíření jaderných zbraní: USA (přibližně 9 000 hlavic v různém stavu připravenosti), Rusko (asi 8 000 kusů munice), Francie (450 kusů), Velká Británie (185 kusů), ČLR (cca 400 kusů). Jaderné arsenály USA a Ruska od 90. let prochází značnou redukcí, je to jednak způsobeno uzavřenými mezinárodními smlouvami, jednak finančními náklady na udržování nukleárních prostředků, ale také stárnutím zbraní. Velká Británie a Francie své jaderný arsenály udržují na současných stavech. Naproti tomu ČLR neustále zvyšuje počet jaderných prostředků, hlavně strategických. Některé odhady hovoří o nárůstu do roku 2025 na 1 500 kusů.

Kromě těchto mezinárodně uznaných jaderných mocností existují státy, které nejsou signatáři NPT a vlastní jaderné zbraně. Indie (cca 60 kusů) disponuje kvalitním raketovým programem. Indický průmysl má velký potenciál při výrobě zbraní konvenčních i jaderných. Indie však přislíbila zastavení závodů v jaderném zbrojení. Pákistán (cca 25 kusů), jako největší rival Indie v oblasti, úzce spolupracuje s ČLR. Také disponuje slibným raketovým programem, který umožňuje vybudovat síly jaderného napadení.

Izrael dosud oficiálně nepřiznal vlastnictví jaderných zbraní (existují však různé úniky informací, které tento fakt naznačují), obecně se však předpokládá existence asi 200 hlavic různého určení. Izrael se staví negativně k jadernému odzbrojení.

KLDR je stát, který se nepokrytě snaží o získání jaderných zbraní. V roce 2003 KLDR odstoupila od NPT a 9. října 2006 oznámila provedení prvního jaderného podzemního testu. Síla exploze byla však tak malá, že spousta vědců pochybovala o pravdivosti oznámení, polemizovali s možností výbuchu velkého množství silné trhaviny. Druhou možností je selhání zařízení při formování imploze. Po dlouhých multilaterálních rozhovorech KLDR přislíbila přerušení jaderného programu výměnou za humanitární pomoc.

V poslední době je středem pozornosti íránský jaderný program. Írán je signatářem NPT a má funkční civilní jaderný program (elektrárna Bušehr). Naproti tomu však také disponuje velkými průmyslovými kapacitami na obohacování uranu v Isfahánu, což je z hlediska jaderné energetiky velmi neekonomické. Palivo v potřebné kvalitě lze pořídit levněji v Rusku, Francii nebo Japonsku. V současnosti je íránský jaderný program pod drobnohledem IAEA a rady bezpečnosti OSN. Světové mocnosti hledají způsob jak přimět íránskou vládu k zastavení procesu obohacování uranu.

Některé státy v minulosti měly úspěšný jaderný program, ale z různých důvodů se ho vzdali (Argentina, Brazílie, Jihoafrická republika), díky tomu také mohly vzniknout bezjaderné

zóny. Dále existují země, které disponují zdroji a technologiemi k výrobě štěpného materiálu, případně jsou schopny v krátké době vytvořit infrastrukturu pro výrobu jaderné zbraně (Kanada, Austrálie, Německo, Japonsko). Zvláště pak v Japonsku v poslední době dochází k otevírání, pro Japonsko velmi kontroverzního, tématu vlastnictví jaderné zbraně.

Na jedné straně tedy máme jaderné odzbrojení USA a Ruska a rozšiřování bezjaderných zón. Na straně druhé se zvětšuje počet vlastníků jaderných zbraní, a to hlavně v oblastech, které neoplývají politickou stabilitou. Typickým příkladem je Pákistán. Největší spojenec USA v oblasti jižní Asie v tzv. „válce proti teroru“ sám prochází obdobím politických zvratů a vnitřního násilí. Přesně to je výborná příležitost pro různé skupiny (bráním se výrazu teroristické) k získání funkčních nukleárních prostředků hromadného ničení. Velkým nebezpečím je také změna doktrín některých statutárních vlastníků. Zatímco v době studené války platily doktríny, v kterých se státy zavazovaly nepoužít jaderné zbraně jako první, dnes USA (ale i Francie) deklarují možnost použití nukleárních zbraní v případě značného ohrožení vlastní bezpečnosti a zájmů. To dává prostor použití taktických jaderných zbraní, v případě hrozby biologického, chemického, či jiného útoku velkého rozsahu, i proti státům, které nevlastní jaderné zbraně.

Důležitým faktorem je tzv. „terorismus“. Pro organizace tohoto typu je výroba jaderné zbraně stále technologicky příliš náročná, avšak získání funkční zbraně by nemuselo být tak obtížné, jak se na první pohled zdá. V srpnu 2007 se ve vzdušném prostoru USA dva dny pohyboval bombardér B-52 se střelami ACM s jadernými hlavicemi, aniž by to někdo z personálu věděl. Také nesmíme zapomínat na „špinavou bombu“. Použití prostředku RDD je dlouho očekávanou noční můrou bezpečnostních složek všech států Evropy a také Severní Ameriky. Z toho všeho vyplývá, že s koncem studené války nebezpečí jaderného konfliktu v žádném případě nepominulo, naopak. Zatímco v tehdejší době bylo jasné, kdo je nepřítel, dnes není jistota téměř žádná. V momentě, kdy nějaká strana poruší kamenné tabu a použije, po více než šedesáti letech, jadernou zbraň, vytvoří tak historický precedens, jehož následky lze jen těžko předvídat.

11 Závěr

Téma této práce je velmi rozsáhlé a obsáhnout ho v celé jeho šíři by vydalo na velmi objemnou publikaci. Doporučený rozsah mi umožňuje soustředit se pouze na základní informace a nezacházet do podrobností.

V úvodu jsou vysvětleny základní fyzikální principy a okolnosti vlastního vývoje nukleární zbraně. Jádro tvoří dělení a kategorizace nukleárních prostředků hromadného ničení, stručný výčet základních prostředků jaderného napadení a vysvětlení podstaty radiologických prostředků hromadného ničení. Oblast ochrany před účinky nukleárních zbraní je hodně problematická, proto se pouze omezují na vyjmenování možných způsobů aplikace. Téma protiraketové obrany je v dnešní době velmi diskutováno. I když není zcela součástí zadaného rámce, považují za nutné se o něm alespoň okrajově zmínit. Nicméně je tak obsáhlé a do budoucna také velmi zajímavé, že by vydalo na samostatnou práci. V závěru je soustředěn přehled mezinárodních smluv ovlivňujících stav jaderného zbrojení ve světě. Zde je třeba zdůraznit důležitost právních předpisů jednotlivých států pro zajištění jaderné bezpečnosti, kterými se aplikují myšlenky smluv mezinárodních. Jde hlavně o kontrolu a omezení v oblasti prodeje a pohybu radioaktivního materiálu (pro vědecké i průmyslové účely), radioaktivního odpadu, technických zařízení nebo jejich součástí potřebných pro výrobu nebo vývoj jaderných zbraní apod.

Výsledkem této práce v žádném případě není objev využitelný ve výzkumu nebo praxi, ale pouhé sjednocení základních faktů v oblasti nukleárních a radiologických prostředků hromadného ničení, které umožní člověku, jež není příliš sběhlý, rychle se zorientovat, případně ho navést na příslušné zdroje informací. Důvodem velké obecnosti práce je také častá změna konkrétních dat a jejich důvěryhodnost (způsobená velkou citlivostí v rámci mezinárodní politiky). Úplně nakonec bych chtěl zdůraznit vzrůstající hrozbu použití nukleárních prostředků ve světě, která zatím zůstává skryta, zastíněna jinými, zdánlivě aktuálnějšími, problémy.

12 Seznam použité literatury

- [1] PITSCHMANN, Vladimír. Jaderné zbraně: nejvyšší forma zabíjení. První vyd. Praha: Naše Vojsko, 2005. 390 s. ISBN 80-206-0784-6
- [2] DUŠEK, Jiří., PÍŠALA, Jan. Jaderné zbraně. Vyd. první. Brno: Computer Press, 2006. 88 s. ISBN 80-251-0817-1
- [3] FEYNMAN, R.P., LEIGHTON, R.B., SANDS, M. Feynmanovy přednášky z fyziky 1/3. 1. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 2000. 732 s. ISBN 80-7200-405-0
- [4] HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. Fyzika, část 5, Moderní fyzika. 1. vyd. Brno, Praha: Vutium, Prometheus, 2001. ISBN 80-214-1868-0
- [5] VISINGR, Lukáš. Jaderné zbraně. Armádní technický magazín, 2005, roč. 37, č. 1, s. 16-19.
- [6] VISINGR, Lukáš. Jaderné zbraně: 3. a 4. generace. Armádní technický magazín, 2005, roč. 37, č. 6, s. 16-18.
- [7] zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [8] vyhláška č. 179/2002 Sb., Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 9. května 2002, kterou se stanoví seznam vybraných položek a položek dvojího použití v jaderné oblasti.
- [9] www.fas.org – oficiální stránky Federation of American Scientists
[cit. 2008-03-20]
- [10] www.cdi.org – oficiální stránky Center of Defense Information [cit. 2008-03-20]
- [11] www.nuclearweaponarchive.org – neoficiální databáze jaderných programů
[cit. 2008-03-16]
- [12] www.russianforces.org – oficiální stránky ruských strategických sil
[cit. 2008-03-16]
- [13] www.atomicforum.org – neoficiální databáze jaderných programů
[cit. 2008-03-16]
- [14] www.nukestrat.com – neoficiální databáze jaderných programů [cit. 2008-03-16]
- [15] www.wikipedia.org – otevřená encyklopedie [cit. 2008-03-16]
- [16] www.boeing.com – oficiální stránky letecké firmy Boeing [cit. 2008-03-23]
- [17] www.mda.mil – oficiální stránky Missile Defence Agency [cit. 2008-04-04]
- [18] www.iaea.org – oficiální stránky International Atomic Energy Agency
[cit. 2008-04-06]

13 Seznam použitých zkratek

ALCM, ACM – řízená střela s plochou dráhou letu odpalovaná z letadel

BMD – protiraketová obrana

CBRN – souhrnné označení pro chemické, biologické, radiologické a nukleární prostředky

DNA – Deoxyribonukleová kyselina, nositel genetické informace živých organismů

ER – zbraň se zesíleným zářením

IAEA – mezinárodní agentura pro atomovou energii

ICBM – mezikontinentální balistická střela

IRBM – balistická střela dlouhého doletu

MDA – agentura protiraketové obrany

MIRV – mnohonásobné návratové těleso

MRBM – balistická střela středního doletu

NPT – smlouva o nešíření jaderných zbraní

PLARB – ponorka s jaderným pohonem, nosič balistických střel (názvosloví RF)

PLARK – ponorka s jaderným pohonem, nosič střel s plochou dráhou letu (RF)

RDD – zařízení rozšiřující radioaktivní zamoření

SLBM – balistická střela odpalovaná z ponorky

SRBM – balistická střela krátkého doletu

SSBN – ponorka s jaderným pohonem, nosič balistických střel (názvosloví USA)

SSGN – ponorka s jaderným pohonem, nosič střel s plochou dráhou letu (USA)

TNT – trinitrotoluen, velmi účinná výbušná látka

WMD – zbraně hromadného ničení

14 Seznam příloh

Příloha č. 1: Jaderná bomba Little Boy

Příloha č. 2: Jaderná bomba Fat Man

Příloha č. 3: Graf známých nuklidů

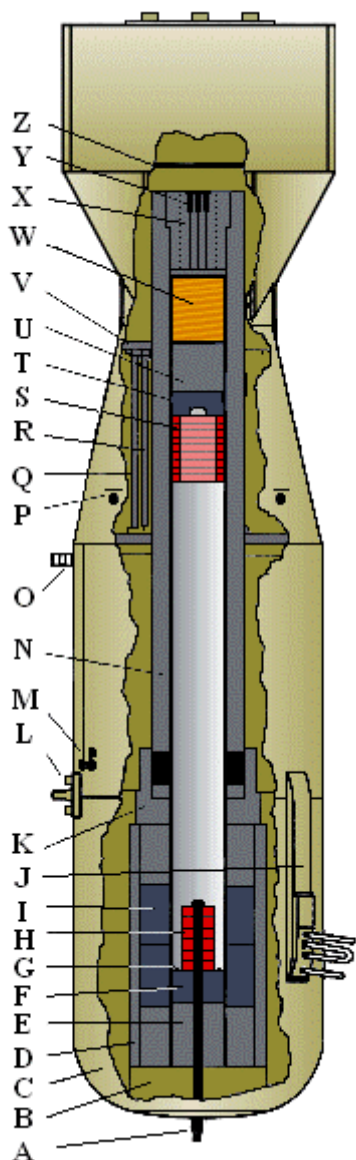
Příloha č. 4: Graf vazebních energií pro vybrané nuklidy

Příloha č. 5: Rozpadové řady

Příloha č. 6: Jaderné arsenály

Příloha č. 7: Bezjaderné zóny

Příloha č. 1: Jaderná bomba Little Boy



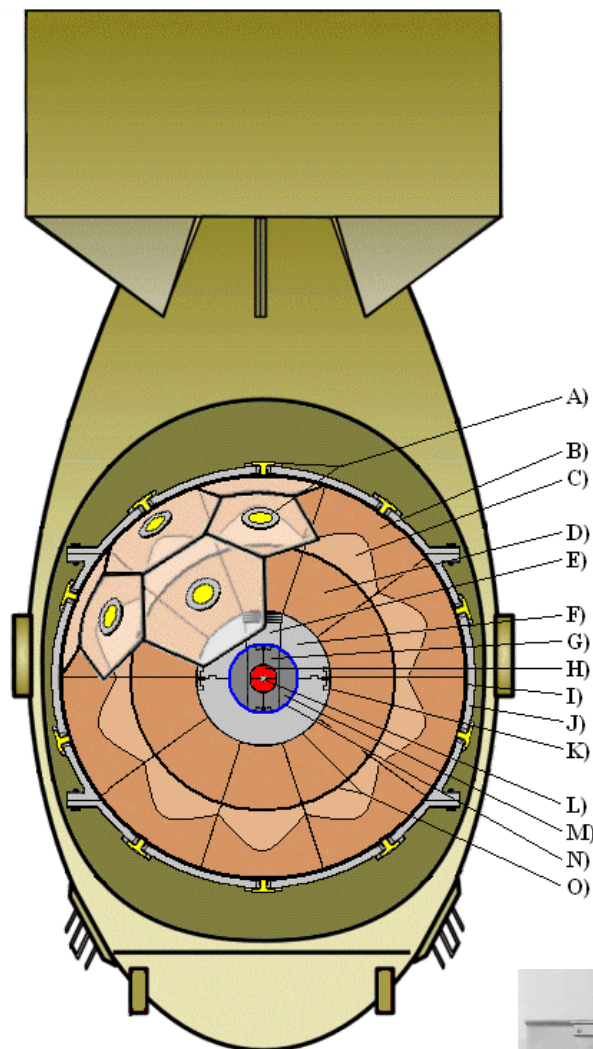
- Z) pancéřový plát
- Y) elektrické roznětky Mark XV
- X) dělová komora s odstranitelnými ucpávkami
- W) pytlíky corditového prachu
- V) zesilující vrstva
- U) projektil – ocelové dno
- T) projektil - wolframo-karbidový disk
- S) projektil - prstence U-235
- R) vyrovnávací tyč
- Q) vedení elektrické roznětky
- P) tlakové vstupy
- O) elektrická pojistka
- N) 6,5“ dělová hlaveň
- M) bezpečnostní pojistka
- L) manipulační patka
- K) redukční pouzdro cíle
- J) anténní soustava
- I) 13“ wolframo-karbidový válec
- H) prstence U-235 cíle
- G) iniciátor z polonia a berylia
- F) wolframo-karbidová ucpávka
- E) kovádlina absorbující dopad
- D) podšívka cíle z oceli K-46
- C) kování obalu cíle
- B) 15“ ocelové kování
- A) ocelová tyč udržující komponenty cíle

Takticko technická data:

váha4 000 kg
 délka3 m
 průměr0,7 m
 síla náplně13 – 16 kilotun TNT



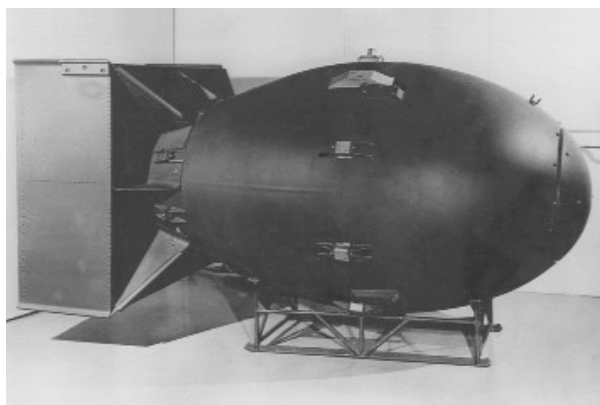
Příloha č. 2: Jaderná bomba Fat Man



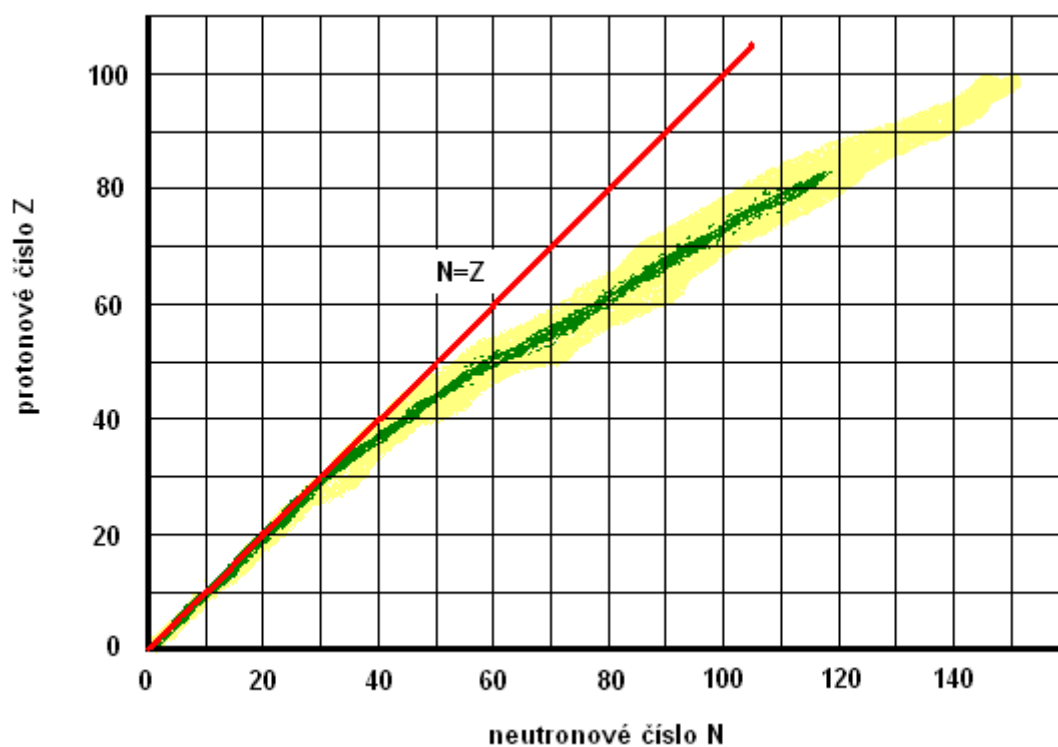
- A) EBW detonátory
- B) vnější čočky Composite B
- C) Baratolová část vnějších čoček
- D) Vnitřní nálože Composite B
- E) odstranitelná ucpávka otvoru do hliníkového obalu
- F) polokoule hliníkového obalu jádra
- G) dvě ucpávky z U-238
- H) jádro Pu-239
- I) korková obšívka
- J) duralová koule
- K) hliníkové svorky
- L) iniciátor z polonia a berylia
- M) koule U-238
- N) borový obal
- O) plstěná vrstva mezi vnitřními a vnějšími náložemi

Takticko technická data:

váha4 630 kg
 délka3,25 m
 průměr1,52 m
 síla náplně21 kilotun TNT

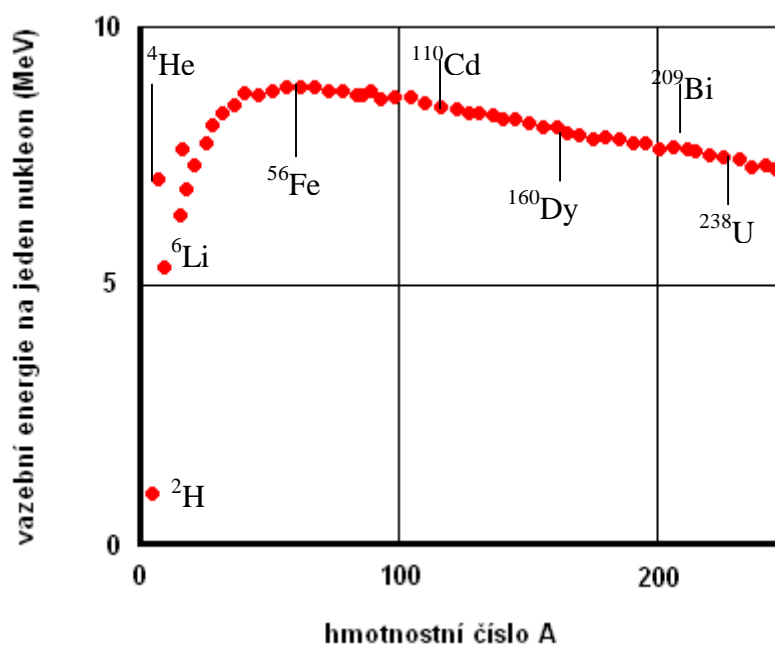


Příloha č. 3: Graf známých nuklidů



Zelený pás reprezentuje stabilní nuklidy, žlutá barva jsou nuklidy podléhající rozpadu.

Příloha č. 4: Graf vazebných energií pro vybrané nuklidy



Příloha č. 5: Rozpadové řady

A) Uran – radiová řada

Název	Značka		Poločas rozpadu	Rozpad	
Uran I	$^{238}_{92}\text{U}$	U I	$4,5 \cdot 10^9 \text{ r}$	α	
Uran X ₁	$^{234}_{90}\text{Th}$	UX ₁	24,1 d	β	
Uran X ₂	$^{234}_{91}\text{Pa}$	UX ₂	1,14 min	β	
Uran II	$^{234}_{92}\text{U}$	U II	$2,3 \cdot 10^5 \text{ r}$	α	
Ionium	$^{230}_{90}\text{Th}$	Io	$8,3 \cdot 10^4 \text{ r}$	α	
Radium	$^{226}_{88}\text{Ra}$	Ra	1 590 r	α	
Radon	$^{222}_{86}\text{Rn}$	Rn	3,825 d	α	
Radium A	$^{218}_{84}\text{Po}$	RaA	3,05 min	α	
Radium B	$^{214}_{82}\text{Pb}$	RaB	26,8 min	β	
Radium C	$^{214}_{83}\text{Bi}$	RaC	19,7 min	β	α
Radium C'	$^{214}_{84}\text{Po}$	RaC'	$1,5 \cdot 10^{-4} \text{ s}$	α	
Radium C''	$^{210}_{81}\text{Tl}$	RaC''	1,32 min		β
Radium D	$^{210}_{82}\text{Pb}$	RaD	22,2 r	β	
Radium E	$^{210}_{83}\text{Bi}$	RaE	5,04 d	β	
Radium F	$^{210}_{84}\text{Po}$	RaF	139 d	α	
Radium G	$^{206}_{82}\text{Pb}$	RaG	∞		

B) Thoriová řada

Název	Značka		Poločas rozpadu	Rozpad	
Thorium	$^{232}_{90}\text{Th}$	Th	$1,39 \cdot 10^{10} \text{ r}$	α	
Mezothorium 1	$^{228}_{88}\text{Ra}$	Ms-Th 1	6,7 r	β	
Mezothorium 2	$^{228}_{89}\text{Ac}$	Ms-Th 2	6,13 h	β	
Radiothorium	$^{228}_{90}\text{Th}$	Rd-Th	1,9 r	α	
Thorium X	$^{224}_{88}\text{Ra}$	ThX	3,64 d	α	
Thoron	$^{220}_{86}\text{Rn}$	Tn	54,5 s	α	
Thorium A	$^{216}_{84}\text{Po}$	ThA	0,158 s	α	
Thorium B	$^{212}_{82}\text{Pb}$	ThB	10,6 h	β	
Thorium C	$^{212}_{83}\text{Bi}$	ThC	60,5 min	β	α
Thorium C'	$^{212}_{84}\text{Po}$	ThC'	$3 \cdot 10^{-7} \text{ s}$	α	
Thorium C''	$^{208}_{81}\text{Tl}$	ThC''	3,1 min		β
Thorium D	$^{208}_{82}\text{Pb}$	ThD	∞		

C) Aktiniová řada

Název	Značka		Poločas rozpadu	Rozpad	
Aktinouran	$^{235}_{92}U$	AcU	$7,13 \cdot 10^8$ r	α	
Aktinium Y	$^{231}_{90}Th$	UY	24,6 h	β	
Protaktinium	$^{231}_{91}Pa$	Pa	$3,2 \cdot 10^4$ r	α	
Aktinium	$^{227}_{89}Ac$	Ac	21,7 r	β	α
Radioaktinium	$^{227}_{90}Th$	RdAc	18,9 d	α	
Aktinium K	$^{223}_{87}Fr$	AcK	21 min		β
Aktinium X	$^{223}_{88}Ra$	AcX	11,4 d	α	
Aktinon	$^{219}_{86}Rn$	An	3,92 s	α	
Aktinium A	$^{215}_{84}Po$	AcA	$1,83 \cdot 10^{-3}$ s	α	
Aktinium B	$^{211}_{82}Pb$	AcB	36,1 min	β	
Aktinium C	$^{211}_{83}Bi$	AcC	2,16 min	β	α
Aktinium C'	$^{211}_{84}Po$	AcC'	0,52 s	α	
Aktinium C''	$^{207}_{81}Tl$	AcC''	4,76 min		β
Aktinium D	$^{207}_{82}Pb$	AcD	∞		

D) Neptuniová řada

Název	Značka		Poločas rozpadu	Rozpad	
Plutonium	$^{241}_{94}\text{Pu}$	Pu	10 r	β	
Americium	$^{241}_{95}\text{Am}$	Am	500 r	α	
Neptunium	$^{237}_{93}\text{Np}$	Np	$2,25 \cdot 10^6$ r	α	
Protaktinium	$^{233}_{91}\text{Pa}$	Pa	27,4 d	β	
Uran	$^{233}_{92}\text{U}$	U	$1,63 \cdot 10^5$ r	α	
Thorium	$^{229}_{90}\text{Th}$	Th	$7 \cdot 10^3$ r	α	
Radium	$^{225}_{88}\text{Ra}$	Ra	14,8 d	β	
Aktinium	$^{225}_{89}\text{Ac}$	Ac	10 d	α	
Francium	$^{221}_{87}\text{Fr}$	Fr	4,8 min	α	
Astat	$^{217}_{85}\text{At}$	At	0,021 s	α	
Bismut	$^{213}_{83}\text{Bi}$	Bi	47 min	β	α
Polonium	$^{213}_{84}\text{Po}$	Po	$4,2 \cdot 10^{-6}$ r	α	
Thallium	$^{209}_{81}\text{Tl}$	Tl	2,2 min		β
Olovo	$^{209}_{82}\text{Pb}$	Pb	3,3 h	β	
Bismut	$^{209}_{83}\text{Bi}$	Bi	∞		

Příloha č. 6: Jaderné arsenály

Všechny následující údaje nelze brát jako absolutní. Vlastníci jaderných zbraní se s největší pravděpodobností snaží utajit skutečné počty. Tabulky neobsahují údaje o taktických zbraních, které žádná mezinárodní smlouva neupravuje, a také množství jaderných hlavic, které jsou skladovány mimo pohotovostní stav. Skutečné počty tak mohou být podstatně vyšší.

A) USA

Prostředek jaderného napadení	Maximální dosah (km)	Počet	Výzbroj (hlavice)	Síla hlavice (kt)	Poznámka
ICBM					
LGM-30G Minuteman III	13 000	140	W62	170	-
LGM-30G Minuteman III	13 000	50	3xW62	170	-
LGM-30G Minuteman III	13 000	10	W87	300	-
LGM-30G Minuteman III	13 000	300	2-3xW78	335	-
Strategická flotila					
Ohio class	-	14	24xTrident II	-	-
UGM-133A Trident II D-5	7 400+	336	6-8xW76	100	-
UGM-133A Trident II D-5			6-8xW88	475	
Strategické letectvo					
B-52H Stratofortress	16 000	94	20xALCM, ACM, B61/B83	-	-
B-2 Spirit	12 000	21	16xB61/B83	-	-
AGM-86B ALCM	2 414	1000	W80-1	150	-
AGM-129 ACM	3 704	450	W80-1	150	-
B61-7/11	-	1376	-	max 340	-
B83	-		-	max 1200	

(stav k lednu 2007 [11])

B) Ruská federace

Prostředek jaderného napadení	Maximální dosah (km)	Počet	Výzbroj (hlavice)	Síla hlavice (kt)	Poznámka
ICBM					
R-36M (SS-18 Satan)	11 000	75	10x	550/750	-
UR-100N (SS-19 Stiletto)	10 000	110	10x	550	-
RT-2PM Topol (SS-25 Sickle)	10 500	213	1x	550	-
RT-2UTTH Topol M (SS-27 Sickle)	10 500	54	1x	550	-
Strategická flotila					
Project 667 BDR Kalmar (Delta III class)	-	6	16xR-29R	-	-
R-29R (SS-N-18)	6500	82	3x	100-200	-
Project 667 BDRM Delfin (Delta IV class)	-	6	16xR-29RM	-	-
R-29RM (SS-N-23)	8300	90	4x	100-200	-
Project 941 Akula (Typhoon class)	-	1	20xR-30	-	-
Project 955 Borej	-	1	20xR-30	-	-
R-30 Bulava (SS-NX-30)	10 000	16	6x	100-200	-
Strategické letectvo					
Tu-95MS6 (Bear H6)	10 500	32	6xKh-55	-	-
Tu-95MS16 (Bear H16)	10 500	32	16xKh-55	-	-
Tu-160 (Blackjack)	14 500	14	12xKh-55SM	-	-
Kh-55 Granat (AS-15A Kent)	2 500	704	1x	200	-
Kh-55SM Granat (AS-15B Kent)	3 000	168	1x	200	-

(stav k lednu 2008 [12])

C) Velká Británie

Prostředek jaderného napadení	Maximální dosah (km)	Počet	Výzbroj (hlavice)	Síla hlavice (kt)	Poznámka
Strategická flotila					
Vanguard class	-	4	16xTrident II	-	-
UGM-133A Trident II D-5	7400+	48	1-6x	100	-

(stav v roce 2006 [13])

D) Francie

Prostředek jaderného napadení	Maximální dosah (km)	Počet	Výzbroj (hlavice)	Síla hlavice (kt)	Poznámka
Strategická flotila					
Le Redoutable class	-	1	16xM45	-	-
Le Triomphant class	-	3	16xM45	-	-
M45	6 000	48	6xTN-75	100	-
Strategické letectvo					
Mirage 2000N	2 750	60	1xASMP	-	-
Super Etendard	650	24	1xASMP	-	-
ASMP	300	60	1xTN-81	300	-

(stav v roce 2006 [13])

E) Čínská lidová republika

Prostředek jaderného napadení	Maximální dosah (km)	Počet	Výzbroj (hlavice)	Síla hlavice (kt)	Poznámka
ICBM					
DF-3A	3 100	16	1x	3 300	-
DF-4	5 500	22	1x	3 300	-
DF-5A	13 000	20	1x	5 000	-
DF-21A	2 150	35	1x	200-300	-
Strategická flotila					
Type 092 (Xia class)	-	1	12xJL-1	-	-
JL-1	2 500	12	1x	200-300	-

(stav v roce 2006 [14])

Příloha č. 7: Bezjaderné zóny

